



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Offenlegungsschrift**
⑯ **DE 197 32 250 A 1**

⑯ Int. Cl. 6:
H 01 L 21/283
H 01 L 21/3205
C 23 F 4/00

(2)

⑯ Aktenzeichen: 197 32 250.6
⑯ Anmeldetag: 26. 7. 97
⑯ Offenlegungstag: 28. 1. 99

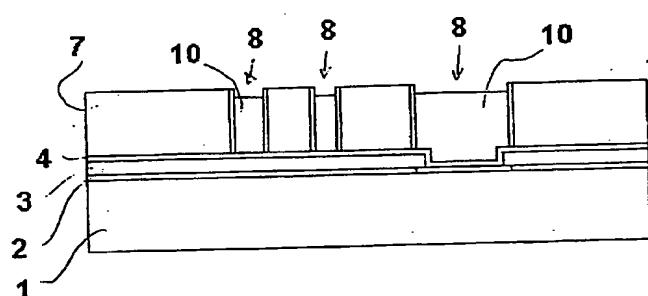
⑯ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:
Heyers, Klaus, Dr., 72766 Reutlingen, DE; Elsner, Bernhard, 70806 Kornwestheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen

⑯ Es wird ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Mikrostrukturen (10) vorgeschlagen, indem Gräben (8) in eine Polymerschicht (7) eingebracht werden. Diese Gräben (8) werden durch einen galvanischen Prozeß mit den metallischen Mikrostrukturen (10) aufgefüllt. Vor dem Abscheiden der metallischen Mikrostrukturen (10) werden die Seitenwände der Gräben (8) mit Isolationsschichten (9) bedeckt, die nach dem Entfernen der Polymerschicht (7) an den metallischen Mikrostrukturen (10) haften.



DE 197 32 250 A 1

DE 197 32 250 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs. Es sind bereits Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen bekannt, bei dem in einer Polymerschicht Gräben eingebracht werden. Durch galvanische Abscheidung werden die Gräben dann mit den metallischen Mikrostrukturen aufgefüllt und die Polymerschicht wieder entfernt. Die metallischen Mikrostrukturen sind dabei vollständig aus Metall gefertigt und elektrisch nicht gegeneinander isoliert.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Patentanspruch hat dem gegenüber den Vorteil, daß auf einfache Weise metallische Mikrostrukturen gefertigt werden, deren Seitenwände mit einer Isolationsschicht bedeckt sind. Die metallischen Mikrostrukturen können daher mit Spannungen beaufschlagt werden, ohne daß zu befürchten ist, daß bei einer Berührung der metallischen Mikrostrukturen ein Kurzschluß auftritt oder nennenswerte Ströme fließen.

Durch die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Verfahrens nach dem unabhängigen Patentanspruch möglich. Besonders einfach wird die Isolationsschicht zunächst ganz flächig aufgebracht und dann durch einen anisotropen Ätzprozeß strukturiert. Das Verfahren kann auch vorteilhaft auf Siliziumwafers verwendet werden, die bereits Schaltkreise aufweisen. Durch die Anordnung teilweise auf Opferschichten können auch bewegliche metallische Mikrostrukturen geschaffen werden. Durch das Einbringen von weiteren Gräben, die nicht mit einer isolierten Schicht auf der Seitenwand versehen sind, können gezielt metallische Mikrostrukturen geschaffen werden, die teilweise isoliert sind und teilweise nicht isoliert sind. Derartige Mikrostrukturen können für die unterschiedlichsten Zwecke eingesetzt werden.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 bis 5 eine erste Abfolge von Prozeßschritten die das erfindungsgemäße Verfahren darstellen und die Fig. 6 eine Variante des ersten Herstellungsverfahrens.

Beschreibung

In der Fig. 1 wird ein Siliziumsubstrat 1 gezeigt in welchem bereits Halbleiterstrukturen eingebracht sind. Diese Halbleiterstrukturen werden jedoch in der Fig. 1 nicht dargestellt, sondern nur eine oberflächliche Passivierschicht 2 an der an einer Stelle eine Kontaktierung 5 angebracht ist. Durch die Kontaktierung 5 ist es möglich einen elektrischen Kontakt mit den nicht dargestellten elektrischen Schaltkreisen in dem Siliziumsubstrat 1 herzustellen. Die Passivierschicht 2 dient als Schutzschicht für die eingebrachten Halbleiterschaltkreise. Auf diese Oberfläche wird dann eine erste Polymerschicht 3, beispielsweise ein Fotolack aufgebracht und strukturiert. Die Dicke der ersten Polymerschicht 3 liegt in der Größenordnung von einigen Mikrometern (typischerweise 5 Mikrometer). Die erste Polymerschicht 3 wird so

strukturiert, daß die Kontaktierung 5 nicht von der Polymerschicht 3 bedeckt ist. In einem weiteren Prozeßschritt wird dann eine Galvanik-Startschicht 4 aufgebracht, dabei handelt es sich beispielsweise um eine 300 Nanometer dicke Schicht aus Chrom-Kupfer, wobei das Chrom dazu dient eine gute Haftung zum Untergrund und insbesondere zur Kontaktierung 5 herzustellen. Kupfer eignet sich hervorragend als Galvanik-Startschicht. Der so erreichte Verfahrensschritt wird in der Fig. 1 im Querschnitt dargestellt.

In einem nachfolgenden Schritt wird dann eine dicke zweite Polymerschicht 7 aufgebracht, deren Dicke in der Größenordnung von einigen 10 Mikrometern liegt. Dazu kann beispielsweise eine dicke Fotolackschicht aufgeschleudert werden und bei 200°C ausgehärtet werden. Auf die Oberseite der so aufgebrachten zweiten Polymerschicht wird dann eine Maskierung aufgebracht, die zur Strukturierung der zweiten Polymerschicht 7 dient. Als Maskierung kann beispielsweise zunächst eine dünne Siliziumoxidsschicht in der Größenordnung von 600 Nanometern abgeschieden werden, die dann durch einen dünnen Fotolack strukturiert wird. Durch diese Maskierung hindurch wird dann die zweite Polymerschicht 7 strukturiert. Dies erfolgt beispielsweise mittels eines anisotropen Plasma-Ätzprozesses, mit dem sehr steile Gräben 8 in die Polymerschicht 7 eingeätzt werden, die bis zur Galvanik-Startschicht 4 reichen. Die so eingeätzten Gräben 8 dienen als Form für die im weiteren Verfahren zu erzeugende metallische Mikrostruktur. Bevor jedoch mit der Herstellung der eigentlichen metallischen Mikrostruktur begonnen wird, wird zunächst eine Isolationsschicht 9 auf der gesamten Oberfläche d. h. auf der Oberseite der Polymerschicht 7, an den Seitenwänden der Gräben 8 und auch den im Boden der Gräben 8 frei liegenden Galvanik-Startschicht 4 abgeschieden. Dazu eignet sich beispielsweise ein Plasma-Abscheidungsprozeß wie er aus der Halbleiterherstellung bereits bekannt ist mit dem Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder einer Mischung dieser beiden Materialien abgeschieden wird. Weiterhin sind Plasma-Abscheidungsverfahren bekannt, mit denen Metalloxide die ebenfalls Isolatoreigenschaften haben, abgeschieden werden können. All diese Abscheidungsprozesse können für die Erzeugung der Isolationsschicht 9 Verwendung finden. Danach erfolgt ein weiterer Ätzschritt, der eine starke Anisotropie aufweist. Dabei werden Flächen, die parallel zum Substrat 1 orientiert sind, stark geätzt, während Flächen die senkrecht dazu sind im wesentlichen nicht geätzt werden. Dazu eignen sich insbesondere anisotrope Plasma-Ätzprozesse, die aufgrund ihrer Ätzwirkung überwiegend senkrecht zum Substrat, im wesentlichen nur die Flächen ätzen, die parallel zum Substrat ausgerichtet sind. Der Ätzprozeß wird solange weitergeführt bis die Isolationsschicht 9 im Bereich der Böden der Gräben 8 entfernt ist, so daß die Galvanik-Startschicht 4 im Bereich der Böden der Gräben 8 wieder freiliegt. Dabei wird natürlich auch die Isolationsschicht auf der Oberseite der zweiten Polymerschicht 7 entfernt. Der so erreicht Zustand wird in der Fig. 2 dargestellt, in dem die Gräben 8 zu sehen sind, deren Seitenwände mit einer Isolationsschicht 9 versehen sind, während der Boden der Gräben 8 keine Isolationsschicht aufweist.

In einem weiteren Schritt erfolgt dann das galvanische Abscheiden der metallischen Mikrostrukturen. Dies kann beispielsweise durch galvanische Abscheidung von Nickel erfolgen, so daß dann die Gräben 8 mit der metallischen Mikrostruktur 10 aufgefüllt sind. Dies wird in der Fig. 3 im Querschnitt gezeigt. Im Bereich der Kontaktierung 5 wird dabei die metallische Mikrostruktur 10 fest mit dem Substrat 1 verbunden. Die übrigen Bereiche der metallischen Mikrostruktur 10 sind auf der Galvanik-Startschicht 4 und darunterliegenden ersten Polymerschicht 3 angeordnet.

Im nächsten Prozeßschritt wird dann die zweite Polymer-
schicht 7 entfernt. Diese erfolgt beispielsweise unter Ver-
wendung eines O₂/CF₄-Plasmas.

Im nächsten Prozeßschritt wird dann die freiliegende Gal-
vanik-Startschicht 4 entfernt. Dies erfolgt beispielsweise
durch einen näschemischen selektiven Ätzschritt, der nur
die Galvanik-Startschicht 4 aber nicht die metallischen Mi-
krostrukturen 10 angreift. Die Galvanik-Startschicht wird
dabei nur in den freiliegenden Bereichen entfernt, d. h. unter
den metallischen Mikrostrukturen 10 verbleibt die Galva-
nik-Startschicht 4. In einem nächsten Schritt erfolgt dann
eine Ätzung der ersten Polymerschicht beispielsweise unter
Verwendung eines O₂/CF₄-Plasma. Da es sich dabei um ei-
nen weitgehend Isotopen-Ätzschritt handelt, wird die erste
Polymerschicht 3 auch unterhalb der Mikrostrukturen 10
entfernt. Die so geschaffene Struktur wird in der Fig. 5 ge-
zeigt. Wie zu erkennen ist, weisen die metallischen Mikro-
strukturen 10 auf ihrer Unterseite jeweils noch die verblie-
bene Galvanik-Startschicht 4 auf und die Seitenwände sind
jeweils mit Isolationsschichten 9 bedeckt. Im Bereich der
Kontaktierung 5 ist die metallische Mikrostruktur 10 mit
dem Substrat 1 fest verbunden. An dieser Stelle wird somit
ein elektrischer Kontakt der metallischen Mikrostruktur 10
zu den im Substrat 1 angeordneten Schaltkreisen hergestellt.
Weiterhin weist die metallische Mikrostruktur 10 Bereiche
auf, die nicht fest mit dem Substrat verbunden sind. Derar-
tige Bereiche können daher relativ zum Substrat 1 beweg-
lich sein und dienen als Beschleunigungssensoren oder der-
gleichen.

Die so gebildete metallische Mikrostruktur hat den Vor-
teil, daß sie obwohl sie komplett aus Metall besteht isolierte
Seitenwände aufweist. Da derartige Mikrostrukturen oft mit
elektrischen Spannungen beaufschlagt werden und aufgrund
ihrer Beweglichkeit es zu einem unmittelbaren Kontakt der
Mikrostrukturen untereinander kommen kann, können so
Kurzschlüsse auftreten. Dabei können sehr hohe Stromdich-
ten im Kontaktbereich fließen, die zu Beschädigungen der
Mikrostrukturen führen können oder aber die mit den Mi-
krostrukturen verbundenen elektrischen Schaltkreise kön-
nen geschädigt werden. Die erfundungsgemäßigen metalli-
schen Mikrostrukturen vermeiden diese Nachteile, da die
Mikrostrukturen seitlich gegeneinander isoliert sind. Zudem
können ohmschgetrennte Metallstrukturen hergestellt wer-
den, wie sie für den Aufbau von Relais benötigt werden.

In der Fig. 6 wird eine Variation des Verfahrens darge-
stellt, die ausgeht von einem Bearbeitungsstand wie er in der
Fig. 2 dargestellt ist. Ausgehend von der Fig. 2 erfolgt ein
weiterer Strukturierungsschritt mit dem ein weiterer Graben
18 in die zweite Polymerschicht 7 eingebracht wird. Dies
kann beispielsweise dadurch erfolgen, indem eine weitere
Maskierungsschicht auf der Oberseite der zweiten Polymer-
schicht 7 aufgebracht wird, die dann zur Strukturierung des
weiteren Grabens 18 dient. Alternativ ist es auch möglich
von vornherein eine zweischichtige Maskierung vorzuse-
hen, die beispielsweise aus einer unterschiedlich dicken Si-
liziumoxidschicht oder eine Doppelschicht aus Siliziumoxid
und Siliziumnitrid aufgebaut ist. In einem ersten Schritt
werden dann nur die Maskieröffnungen freigelegt, die zum
Ätzen der Gräben 8 erforderlich sind und nachdem die Iso-
lierschicht 9 auf den Seitenwänden ausgebildet wurde wird
in einem weiteren Schritt die Maskenöffnung für den weite-
ren Graben 18 freigelegt und dann der Graben 18 eingeätzt.
Nach dem Einätzen des weiteren Grabens 18 wird dann wie-
der die Maskierschicht vollständig entfernt, wie dies in der
Fig. 6 gezeigt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostruk-
turen (10) bei dem in einer Polymerschicht (7) Gräben
(8) für die metallischen Mikrostrukturen (10) erzeugt
werden und mittels eines galvanischen Abscheidungs-
schrittes mit der metallischen Mikrostruktur (10) auf-
gefüllt werden und in einem nachfolgenden Schritt die
Polymerschicht (7) entfernt wird, dadurch gekenn-
zeichnet, daß vor dem galvanischen Abscheiden auf
Seitenwänden der Gräben (8) Isolationsschichten (9)
erzeugt werden, die nach dem Entfernen der Polymer-
schicht (7) auf den entsprechenden Seitenwänden der
metallischen Mikrostrukturen (10) verbleiben.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß nach dem Einbringen der Gräben (8) in der Po-
lymerschicht (7) zunächst eine ganzflächige Isolations-
schicht (9) erzeugt wird, die dann zumindest im Be-
reich des Bodens der Gräben (8) durch einen anisotro-
pen Plasma- oder Ionen-Ätzprozeß wieder entfernt
wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Polymer-
schicht (7) eine Galvanik-Startschicht (4) angeordnet
ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeich-
net, daß unter der Galvanik-Startschicht (4) unter ei-
nem Teil der Gräben eine Opferschicht (3) und unter ei-
nem anderen Bereich der Gräben (8) eine Kontaktie-
rung (5) angeordnet ist.
5. Verfahren nach Anspruch (4), dadurch gekennzeich-
net, daß die Kontaktierung (5) auf einem Halblei-
tersubstrat (1) angeordnet ist und zur Kontaktierung
von Halbleiterschaltungen dient, die im Substrat 1 an-
geordnet sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß als Isolationsschicht
(9) eine Siliziumoxidschicht oder eine Siliziumnitrid-
schicht oder eine Kombination aus Siliziumoxid und
Siliziumnitrid mittels eines Plasma-Abscheidungsver-
fahrens abgeschieden wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Erzeugen
der Gräben (8) mit Seitenwänden, die mit einer Isolati-
onsschicht (9) bedeckt sind weitere Gräben (18) in die
Polymerschicht (7) eingebracht werden, und daß diese
weiteren Gräben ebenfalls mit einer metallischen Mi-
krostruktur 10 aufgefüllt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbringen der
Gräben (8) und weiteren Gräben (18) durch einen Plas-
maätzprozeß der Polymerschicht (7) erfolgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

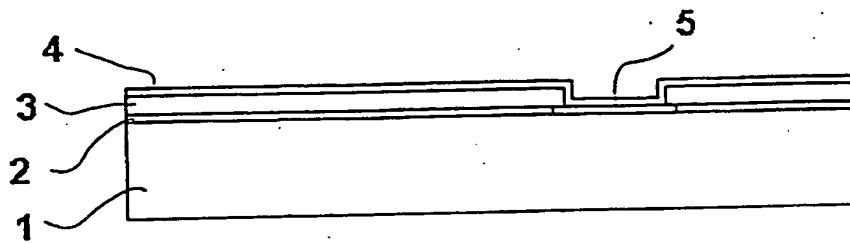


Fig. 1

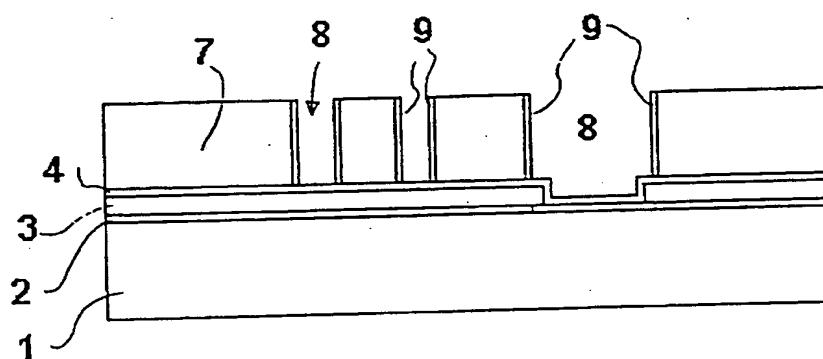


Fig. 2

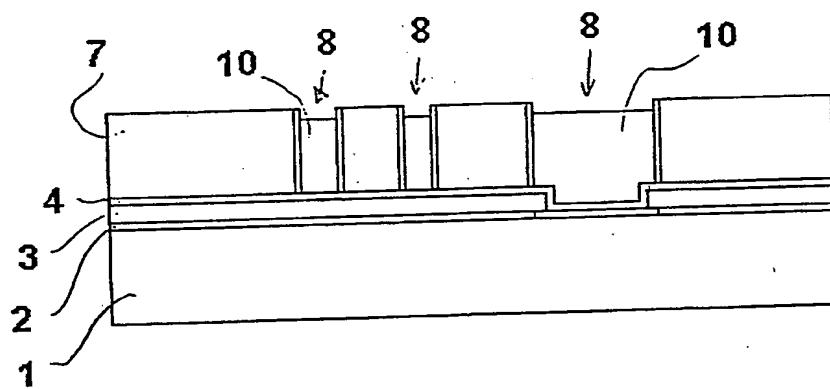


Fig. 3

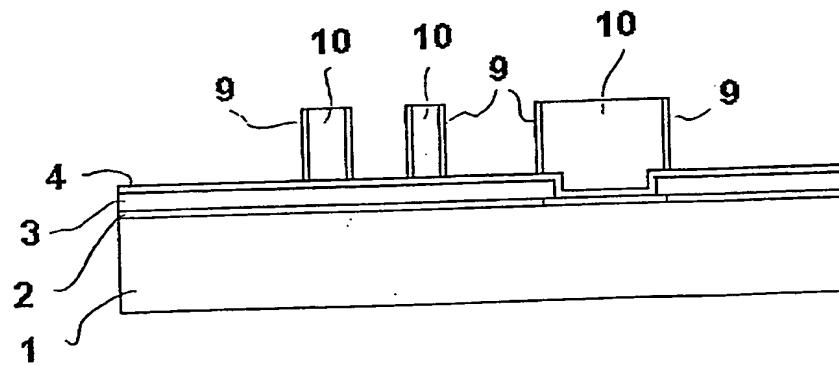


Fig. 4

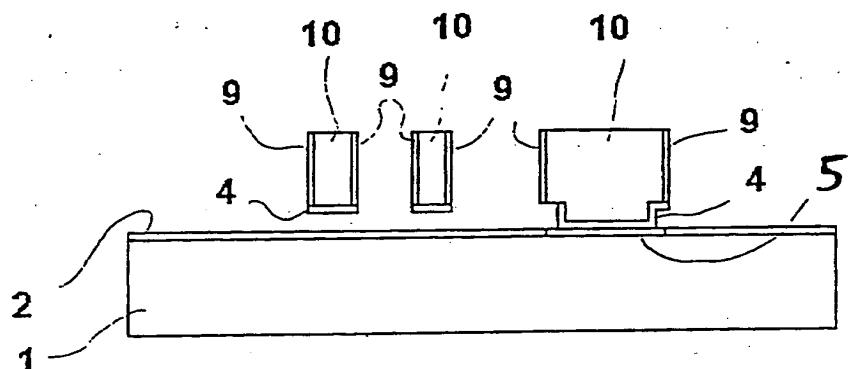


Fig. 5

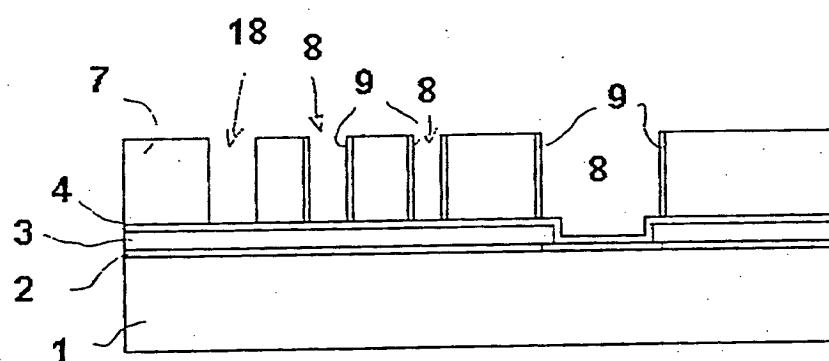


Fig. 6